

18.02.2004

Heinänen Oy Patenttitoimisto

Annankatu 31-33 C

00100 Helsinki

Patenttihakemus nro: 20030552
Luokka: H02M / EIM
Hakija: Vacon Oyj
Asiamies: Heinänen Oy Patenttitoimisto
Asiamiehen viite: 103967
Määräpäivä: 18.08.2004

Patenttihakemuksen numero ja luokka on mainittava kirjelmässä PRH:lle

Hakemuksessa keksinnön kohteena on menetelmä ja laitteisto nelikvadranttisen, tasajännitevälipiirillä varustetun PWM-taajuusmuuttajan verkkosillan ohjaamiseksi silloin, kun teho virtaa syöttöverkkoon päin. Keksinnön mukaan seuraavana vuorossa olevan verkkosillan puolijohdekytkimen ohjausta aikaistetaan niin paljon, että johtavan vaiheen virta kääntyy negatiivisesta positiiviseksi ennen kommutointia.

Suoritetussa uutuustutkimuksessa on tullut esille seuraavat julkaisut, jotka ovat merkittäviä hakemuksessa esitetyn keksinnön patentoitavuuden kannalta. Näissä julkaisuissa esitetty taajuusmuuttajat ja menetelmät niiden verkkosillan ohjaamiseksi jarrutustilanteessa vastaavat teknisiltä ominaispiirteiltään hakemuksen patenttivaatimuksissa 1 ja 4 esitettyjä keksintöjä (olennaiset kohdat merkitty sulkuihin):

- EP 0606501 B1 (FANUC LTD; 10.12.1997; selityksen palsta 4 / rivit 36 - 57 ja palsta 5 / rivi 50 - palsta 11 / rivi 40 sekä kuvat 1 - 9)
- JP 6327291 A (WO 94/27358 A) (HARADA TAKASHI; 25.11.1994; tiivistelmä englanniksi ja kuvat 1 - 3)
- JP 62104481 A (YASKAWA ELECTRIC MFG CO LTD; 14.5.1987; tiivistelmä englanniksi ja kuvat 1 - 4).

Erityisesti vaatimusten 1 ja 4 tunnusmerkkiosaan sisältyvä keksinnöllinen ajatus sytyttää seuraavana vuorossa oleva puolijohdekytkin ennakoidusti ennen normaalia 120 asteen toimintasäännön mukaista sytytyshetkeä siten, että johtavan vaiheen virta kääntyy negatiivisesta positiiviseksi ennen kommutointia, on tullut tunnetuksi esimerkiksi seuraavista julkaisun EP 0606501 B1 kohdista: selityksen palsta 4 / rivit 44 - 48, palsta 6 / rivit 5 - 10, palsta 9 / rivit 26 - 34 ja palsta 11 / rivit 1 - 25 sekä kuvat 4 ja 9. Sama periaate ilmenee myös julkaisun JP 6327291 A englanninkielisestä tiivistelmästä ja kuvista 1 - 3. Myös julkaisusta JP 62104481 A (ks. tiivistelmä englanniksi ja kuvat 1 - 3) on tunnettua ohjata verkkosiltaa siten, että johtavan vaiheen puolijohdekytkin ja seuraavana vuorossa oleva puolijohdekytkin johtavat hetken samanaikaisesti. Tällöin kukin puolijohdekytkin johtaa yli 120 astetta johtamisjakson alkaessa ennen vaihejännitteen vaihekulmaa 30 ja lopuessa vaihekulman 150 jälkeen.

Edellisen perusteella hakemuksessa esitetyt keksinnöt eivät esitettyssä muodossaan (patenttivaatimukset 1 ja 4) ole uusia. Koska patenttoinnin edellytyksenä on, että keksintö on uusi ja eroaa olennaisesti ennestään tunnetusta tekniikasta (patenttilaki 2 §), ei hakemusta voida siten sellaisenaan hyväksyä.

Mikäli hakemuksen käsittelyä halutaan jatkaa, hakijaa pyydetään toimittamaan uudet patenttivaatimukset, joissa on otettu huomioon tutkimuksessa esille tullut tekniikan taso. Itsenäinen patenttivaatimus tulee laatia siten, että vaatimuksen johdannossa esitetään keksinnöstä ne seikat, jotka edustavat tekniikan tasoa, ja tunnusmerkkiosassa määritellään se, mikä keksinnössä on uutta ja omalaatuista (patenttiasetus 14 §, patenttimääräykset 10 §).

Patenttivaatimuksia muokattaessa on pidettävä mielessä, että niitä ei saa muuttaa siten, että ne tulevat sisältämään sellaista, mikä ei ilmene hakemuksen perusasiakirjasta. Jos patenttivaatimuksia muutetaan siten, että ne tulevat sisältämään uusia määrittäviä, hakijan tulee samanaikaisesti ilmoittaa, mistä vastaavat seikat ovat löydettävissä perusasiakirjasta (patenttiasetus 19 §).

Lisäksi hakemukseen tulee liittää ruotsinkielinen tiivistelmä (patenttilaki 8 § 5 mom).

Esko Mustonen

Tutkijainsinööri
Puhelin: (09) 6939 5351

Esko Mustonen

Liitteet Tutkimusraportti
Viitejulkaisujen kopiot 2 kpl:na

Lausumanne huomautusten johdosta on annettava viimeistään yllämainittuna määräpäivänä. Jollette ole antanut lausumaanne virastoon viimeistään mainittuna määräpäivänä tai ryhtynyt toimenpiteisiin tässä välipäätöksessä esitettyjen puutteellisuuksien korjaamiseksi, jätetään hakemus sillensä (patenttilain 15 §). Sillensä jätetty hakemus otetaan uudelleen käsiteltäväksi, jos Te neljän kuukauden kuluessa määräpäivästä annatte lausumanne tai ryhdytte toimenpiteisiin esitettyjen puutteellisuuksien korjaamiseksi ja samassa ajassa suoritate vahvistetun uudelleen käsittelymaksun. Jos lausumanne on annettu virastoon oikeassa ajassa, mutta esitettyjä puutteellisuuksia ei ole siten korjattu, että hakemus voitaisiin hyväksyä, se hylätään, mikäli virastolla ei ole aihetta antaa Teille uutta välipäätöstä (patenttilain 16 §). Uusi keksinnön selitys, siihen tehdyt lisäykset ja uudet patenttivaatimukset on aina jätettävä kahtena kappaleena ja tällöin on otettava huomioon patenttiasetuksen 19 §.

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

Helsinki 17.2.2004

Risto KÖMULAINEN
April 8, 2004
BSKB
(703) 205-8000
1503-0164 PUSI
1 of 1

ETUOIKEUSTODISTUS
PRIORITY DOCUMENT



Hakija
Applicant

Vacon Oyj
Vaasa

Patenttihakemus nro
Patent application no

20030552

Tekemispäivä
Filing date

11.04.2003

Kansainvälinen luokka
International class

H02M

Keksinnön nimitys
Title of invention

"Taajuusmuuttajan verkkosillan ohjaus"

Täten todistetaan, että oheiset asiakirjat ovat tarkkoja jäljennöksiä Patentti- ja rekisterihallitukselle alkuaan annetuista selityksestä, patenttivaatimuksista, tiivistelmästä ja piirustuksista.

This is to certify that the annexed documents are true copies of the description, claims, abstract and drawings originally filed with the Finnish Patent Office.


Pirjo Kaila
Tutkimussihteeri

Maksu 50 €
Fee 50 EUR

Maksu perustuu kauppa- ja teollisuusministeriön antamaan asetukseen 1027/2001 Patentti- ja rekisterihallituksen maksullisista suoritteista muutoksineen.

The fee is based on the Decree with amendments of the Ministry of Trade and Industry No. 1027/2001 concerning the chargeable services of the National Board of Patents and Registration of Finland.

Osoite: Arkadiankatu 6 A Puhelin: 09 6939 500 Telefax: 09 6939 5328
P.O.Box 1160 Telephone: + 358 9 6939 500 Telefax: + 358 9 6939 5328
FIN-00101 Helsinki, FINLAND

TAAJUUSMUUTTAJAN VERKKOSILLAN OHJAUS

Keksinnön kohteena on taajuusmuuttajan verkkosillan ohjaus jarrutustilanteessa, jossa teho virtaa syöttöverkkoon päin. Erityisesti keksinnön kohteena on menetelmä tasajännitevälipiirillä varustetun PWM-tyyppisen taajuusmuuttajan, jollainen on tullut tunnetuksi suomalaisesta patentista FI 108819, ja joka kykenee toimimaan kaikissa neljässä teho-pyörimisnopeusakseliston kvadrantissa, verkkosillan ohjaamiseksi jarrutus-tilanteessa, jossa teho virtaa syöttöverkkoon päin, sekä nelikvadranttinen PWM-taajuusmuuttaja. Keksinnön mukainen verkkosillan ohjausmenetelmä soveltuu myös sellaisiin tunnetun tekniikan mukaisiin PWM-taajuusmuuttajiin, joissa välipiirin kondensaattori on mitoitettu toimimaan energiavarastona.

Jänniteohjatuissa PWM-taajuusmuuttajissa on verkkosilta syöttöverkon vaihtojännitteen tasasuuntaamiseksi tasajännitevälipiirin tasajännitteeksi sekä kuormasilta tasajännitevälipiirin tasajännitteen vaihtosuuntaamiseksi taajuudeltaan vaihtelevaksi vaihtojännitteeksi tehon kulkiessa verkosta kuormaan päin. Taajuusmuuttaja syöttää kolmivaiheista kuormaa, kuten oikosulkumoottoria, jota voidaan käyttää monissa sovellutuksissa, esimerkiksi pumpuissa tai tuulettimissa. Kuormasilta on kokoaaltosilta, jossa on pulssileveysmodulaatiolla ohjatut puolijohdekytkimet sekä niiden kanssa vastarinnankytketyt diodit.

Verkkosilta voi olla ohjattu kokoaaltosilta, jolloin siinä käytetään ohjattavia puolijohdekytkimiä, kuten IGBT, sekä niiden kanssa vastarinnankytkettyjä diodeja. Ohjatussa verkkosillassa teho voi kulkea verkosta kuormaan tai myös kuormasta verkkoon päin esimerkiksi moottorin jarrutustilanteissa.

Verkkosillan tehtävänä on erityisesti varmistaa, että välipiirin virralla on esteetön kulkureitti syöttöverkkoon virran suunnasta riippumatta. Tämän keksinnön mukaisessa verkkosillassa virran kulkureitti varmistetaan ohjaamalla verkkosillan puolijohdekytkimiä siten, että sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on suurin, ylähaaran ohjattu puolijohdekytkin, ja sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on pienin, alahaaran ohjattu puolijohdekytkin johtavat 120° kerrallaan.

Verkkosillan ohjauksen ja pääkomponenttien mitoituksen tulee myös tähdätä siihen, ettei taajuusmuuttajan liitäntäpisteen jännite säröydy liiaksi.

Syöttöjännite säröytyy erityisesti kommutointitilanteessa. Välipiirin virran ollessa positiivinen, eli tehon virratessa moottoriin päin, verkkosillan virta kulkee pelkästään nolladiodien kautta. Virran kommutoidessa vaiheelta toiselle

syntyy liitäntäpisteen jännitteeseen pieni kommutointilovi kahden vaiheen johta-
 essa yhtäaikaa sekä isompi mutta lyhytaikaisempi lovi sammuvan diodin takavir-
 ran katketessa ja siirtyessä mahdollisesti hetkeksi jopa vastakkaisen haaran
 diodille. Ilmiölle ei voi mitään, mutta liitäntäpisteessä näkyvää jännitelovea voi-
 5 daan tunnetusti pienentää esimerkiksi verkkosillan vaiheiden välille kytketyillä
 pienillä kondensaattoreilla tai RC-suojilla.

Jarrutustilanteessa tilanne on pahempi. Tällöin verkkosillan virta
 kulkee IGBT:itten kautta, ja mikäli ohjauksen ajoitus on normaali 120° , kommu-
 tointilovet ovat syviä ja pitkäaikaisia, kuten seuraavassa esitetään kuvioiden 2a
 10 ja 2b yhteydessä.

Tämän keksinnön tarkoituksena on poistaa tunnetun tekniikan epä-
 kohdat ja saada aikaan uudenlainen ohjausjärjestely, joka soveltuu erityisesti
 nelikvadranttisen taajuusmuuttajan verkkosillan ohjaukseen.

Keksinnön mukaisesti jarrutustilanteen kommutointilovi voidaan es-
 15 tää tai sitä voidaan pienentää merkittävästi kääntämällä johtavan vaiheen virta
 positiiviseksi juuri ennen kommutointia. Tämä onnistuu aikaistamalla IGBT:n
 ohjausta sitä enemmän, mitä suurempi on jarrutustilanteen negatiivinen virta.

Yksityiskohtaisesti keksinnön mukaiselle verkkosillan ohjaus-
 menetelmälle ja sen mukaiselle taajuusmuuttajalle tunnusomaiset piirteet on
 20 esitetty oheisissa patenttivaatimuksissa.

Ohjaamalla verkkosiltaa keksinnön mukaisesti verkkojännitteen sä-
 röytyminen vältetään verkkoonjarrutustilanteessa ja verkkohäiriöiden kannalta
 toiminta on samantasoista diodisillalla varustettujen taajuusmuuttajien, joissa
 teho virtaa moottoriin päin, kanssa.

Seuraavassa keksintöä selostetaan yksityiskohtaisemmin esimerkin
 avulla viittaamalla oheisiin piirustuksiin, joissa

kuvio 1 nelikvadranttista jänniteohjattua PWM-taajuusmuuttajaa,

kuviot 2a ja 2b esittävät tunnetun tekniikan mukaista, kuvion 1 mu-
 kaisen taajuusmuuttajan verkkosillan ohjausta jarrutustilanteessa,

30 kuviot 3a ja 3b esittävät keksinnön mukaista, kuvion 1 mukaisen
 taajuusmuuttajan verkkosillan ohjausta jarrutustilanteessa, sekä

kuvio 4 esittää keksinnön mukaista, kuvion 1 mukaisen taajuus-
 muuttajan verkkosillan ohjausta jarrutustilanteessa, missä verkkosillassa käyte-
 tään IGBT:itten asemesta tyristoreita.

35 Kuvio 1 esittää kolmivaiheista jänniteohjattua PWM-taajuus-
 muuttajaa, jossa on AC-kuristin 9 syöttöverkon yliaaltojen rajoittamiseksi, verk-
 kosilta 10 syöttöverkon kolmivaiheisen vaihtojännitteen, jossa on vaihe-

jännitteet U_U , U_V , U_W , tasasuuntaamiseksi tasajännitevälipiirin tasajännitteeksi U_{DC} , tasajännitevälipiirin kondensaattori 14, joka voi toimia joko energiavarastona tai jännitepiikkien rajoittajana sekä kuormasilta (invertteri) 11 tasajännitevälipiirin tasajännitteen vaihtosuuntaamiseksi taajuudeltaan vaihtelevaksi kolmi-

5 vaiheiseksi vaihtojännitteeksi, jonka vaihejännitteet ovat U_R , U_S , U_T . Taajuusmuuttaja syöttää kolmivaiheista oikosulkumoottoria (M) 12. Kuormasilta 11 on kokoaaltosilta, jossa ohjausyksikkö 13 ohjaa pulssileveysmodulaatiolla kunkin vaiheen puolijohdekytkimiä, joiden rinnalla on vastarinnankytketyt nolladiodit.

Verkkosilta 10 on ohjattu kokoaaltosilta, jossa teho voi kulkea ver-

10 kosta kuormaan ja myös kuormasta verkkoon päin esimerkiksi moottorin jarrutustilanteissa. Kussakin verkkosillan 10 haarassa on ohjattavat puolijohdekytkimet V1-V6, kuten IGBT:t, sekä niiden kanssa vastarinnankytketyt diodit (nolladiodit) D1-D6. Tällainen kytkentä sallii negatiivisen välipiirivirran I_{dc} kulkemisen syöttöverkon suuntaan. Verkkosiltaa 10 ohjataan siten, että sen vaiheen, jonka

15 jännitteen hetkellisarvo on suurin, ylähaaran IGBT on johtava, ja sen vaiheen, jonka jännitteen hetkellisarvo on pienin, alahaaran IGBT on johtava. Toisin sanoen ne IGBT:t pidetään johtavina, joiden rinnalla olevat dioditkin ovat johtavia silloin kun teho virtaa moottoriin päin.

Jarrutustilanteessa verkkosillan virta kulkee IGBT:itten kautta, ja

20 mikäli ohjauksen ajoitus on tunnetun tekniikan mukaisesti kiinteät 120° , kommutointilovet ovat syviä ja pitkäaikaisia, kuten kuvioista 2a ja 2b sekä seuraavasta selostuksesta, jotka kuvaavat esimerkkinä virran siirtymistä U-vaiheelta V-vaiheelle, ilmenee:

25 1) Ennen hetkeä t_1 :

- U-vaiheen jännite on positiivisin joten V1 johtaa ja välipiirin negatiivinen virta $-i_{DC}$ kulkee V1:n kautta

=> pisteen u1 jännite = $+U_{dc}$ jännite \approx U-vaiheen jännite

- W-vaiheen jännite (jota kuvioissa ei ole esitetty) on negatiivisin joten myös V6 johtaa

=> pisteen w1 jännite = $-U_{dc} \approx$ W-vaiheen jännite

2) Hetkellä t_1 :

- V-vaihe tulee positiivisemmaksi kuin U-vaihe, joten V1 sammutetaan ja V2 sytytetään

35 3) Aikavälillä $t_1 \dots t_2$:

- U-vaiheen negatiivinen virta i_U siirtyy kulkemaan V4:n nolladiodin kautta joten pisteen u1 jännite on nyt sama kuin $-U_{dc}$ jännite

- syöttöverkosta päin katsottuna U- ja W-vaiheet ovat siis AC-kuristimen takaa oikosulussa, joten liitäntäpisteessä näiden vaiheiden väliseen pääjännitteeseen tulee kommutointilovi, jonka syvyyden määrää AC-kuristimen L_{AC} ja syöttöverkon induktanssien välinen jännitejako

5 4) Hetkellä t_2 :

- U-vaiheen virta on pienentynyt niin pieneksi että V4:n nolladiodi lakkaa johtamasta ja pisteen u_1 jännite alkaa seurata U-vaihejännitettä

Jarrutustilanteen kommutointilovi voidaan estää tämän keksinnön mukaisesti kääntämällä johtavan vaiheen virta positiiviseksi juuri ennen kommutointia. Tämä tehdään aikaistamalla IGBT:n ohjausta sitä enemmän, mitä suurempi on jarrutustilanteen negatiivinen virta. Seuraavana johtamisvuorossa oleva IGBT sytytetään ennakoidusti niin paljon ennen normaalin 120° toimintäsäännön mukaista sytytyshetkeä, että johtavana olevan vaiheen virran suunta kääntyy IGBT:ltä nolladiodille ennenkuin johtavana olleen IGBT:n ohjaus lopetetaan. IGBT-ohjaukset menevät siis päällekkäin aikaistuksen T verran. Edellä kuvatussa esimerkkitilanteessa tämä tarkoittaa seuraavaa (kuviot 3a ja 3b):

1) Hetkellä t_1 :

- 20 - V2 sytytetään ennakoidusti V-vaihejännitteen ollessa vielä negatiivisempi kuin U-vaihejännite, V1 pysyy edelleen johtavana

2) Aikavälillä $t_1 \dots t_2$:

- 25 - syöttöverkosta päin katsottuna U- ja V-vaiheet ovat AC-kuristimen takaa oikosulussa, mutta koska niiden jännitteet ovat lähes yhtäsuuret liitäntäpisteessä näkyvä kommutointikolo on pieni
- U-vaiheen negatiivinen virta pienenee kohti nollaa ja vastaavasti V-vaiheen kasvaa negatiiviseen suuntaan

3) Hetkellä t_2 :

- 30 - U-vaiheen virta on laskenut nolnaan tai ennakkointiajoituksen tarkkuudesta riippuen kääntynyt jopa positiiviseksi. V1:n ohjaus lopetetaan ja negatiivinen välipiirin virta jatkaa kulkuaan V2:n kautta.

Jarrutilanteessa sytytystä on aikaistettava siis niin paljon, että johtavana olleen IGBT:n virta loppuu tai virta kääntyy nolladiodille ennen kuin sen ohjaus lopetetaan. Ennakointitarve T_1 voidaan laskea välipiirin virran (joka voidaan laskea tiedossa olevasta moottoritehosta ja välipiirin DC-jännitteestä),

syöttöverkon taajuuden, AC-kuristimen induktanssin ja syöttöverkon jännitteen perusteella yhtälön (1) mukaisesti:

$$T1 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - \frac{1}{\pi} \times [\cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} - 1 \right)] \right\} \quad (1)$$

missä $T1$ = ennakko [sek]

f = syöttöverkon taajuus [Hz]

L = kahden syöttövaiheen induktanssien summa [H]

i_{DC} = tasavirran suuruus (voidaan laskea moottorin tehosta)

U = syöttöverkon pääjännite

Liian pitkistä ennakkoinnista seuraa vain se että nolladiodin virta kasvaa hieman suuremmaksi kuin olisi välttämättä tarpeen. Sen sijaan, jos ennakointiaika on liian lyhyt ei IGBT:n virta katkeakaan ennen ohjauspulssin loppumista, ja seurauksena on syvä kommutointilovi.

Alan ammattimiehelle on selvää, että keksinnön eri sovellutusmuodot eivät rajoitu yksinomaan edellä esitettyyn esimerkkiin, vaan ne voivat vaihdella jäljempänä esitettävien patenttivaatimusten puitteissa. Verkkosillassa voidaan käyttää hilalta sammutettavien IGBT:itten sijasta myös GTO-tyristoreita tai jopa tavallisia tyristoreita, jolloin ennakkoinnissa on otettava huomioon tyristorin toipumisaika t_Q kuvion 4 mukaisesti. Ennakointiajan on tyristoreita käytettäessä oltava niin pitkä, että kommutointitilanteessa johtavan vaiheen virta kääntyy positiiviseksi vähintään ajan $0,5 \times t_Q$ verran ennenkuin johtavana olleen vaiheen jännite lakkaa olemasta positiivisin/ negatiivisin. Positiivinen virta kulkee tällöin tyristorin rinnalle kytketyn nolladiodin kautta vähintään ajan t_Q verran, millä varmistetaan tyristorin sammuminen. Ennakointiajan on tyristoreita käytettäessä oltava vähintään $T2 + 0,5 \times t_Q$, missä

$$T2 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - f \times t_Q - \frac{1}{\pi} \times \cos^{-1} \left[\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} + \cos(\pi \times (1 - f \times t_Q)) \right] \right\} \quad (2).$$

PATENTTIVAATIMUKSET

1. Menetelmä nelikvadranttisen, tasajännitevälipiirillä varustetun PWM-taajuusmuuttajan verkkosillan ohjaamiseksi silloin, kun teho virtaa syöttö-
5 verkkoon päin,

jossa taajuusmuuttajassa on vaihtojännitelähteeseen (U_U , U_V , U_W) kytkettävä AC-kuristin (9), ohjattu verkkosilta (10), tasajännitevälipiiri (14) sekä ohjattu kuormasilta (11) taajuudeltaan vaihtelevan vaihtojännitteen (U_S , U_R , U_T) syöttämiseksi kuormaan (12), ja jossa verkkosillassa on ohjatut puolijohdekytkimet
10 (V1-V6) sekä nolladiodit (D1-D6), ja

jossa verkkosiltaa (10) ohjataan pääsääntöisesti siten, että sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on suurin, ylähaaran ohjattu puolijohdekytkin, ja sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on pienin, alahaaran ohjattu puolijohdekytkin johtavat,

15 **tunnettu** siitä, että seuraavana johtamisvuorossa olevan verkkosillan puolijohdekytkimen ohjausta aikaistetaan niin paljon, että johtavan vaiheen virta kääntyy negatiivisesta positiiviseksi ennen kommutointia.

2. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä taajuusmuuttajassa, jossa verkkosillan puolijohdekytkimet ovat hilalta sammutettavia komponentteja kuten
20 IGBT:itä,

tunnettu siitä, että seuraavana johtamisvuorossa olevan kytkimen ohjausta aikaistetaan ainakin ajan $T1$ verran, jossa

$$T1 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - \frac{1}{\pi} \times \left[\cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} - 1 \right) \right] \right\}$$

25

3. Patenttivaatimuksen 1 mukainen menetelmä taajuusmuuttajassa, jossa verkkosillan puolijohdekytkimet ovat tyristoreita, joilla on toipumisaika (t_Q),

tunnettu siitä, että seuraavana johtamisvuorossa olevan tyristorin ohjausta aikaistetaan ainakin ajan $T2 + 0,5 \times t_Q$ verran, jossa

30

$$T2 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - f \times t_Q - \frac{1}{\pi} \times \cos^{-1} \left[\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} + \cos(\pi \times (1 - f \times t_Q)) \right] \right\}.$$

35

4. Nelikvadranttinen PWM-taajuusmuuttaja, jossa on verkkosilta, joka verkkosilta on ohjattavissa ohjausyksikön (13) avulla siten, että teho virtaa syöttö-
töverkkoon päin,

jossa taajuusmuuttajassa on vaihtojännitelähteeseen (U_U, U_V, U_W) kytkettävä AC-kuristin (9), ohjattu verkkosilta (10), tasajännitevälipiiri (14) sekä ohjattu kuormasilta (11) taajuudeltaan vaihtelevan vaihtojännitteen (U_S, U_R, U_T) syöttämiseksi kuormaan (12), ja jossa verkkosillassa on ohjatut puolijohdekytkimet (V1-V6) sekä nolladiodit (D1-D6),

jossa verkkosiltaa (10) ohjataan pääsääntöisesti siten, että sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on suurin, ylähaaran ohjattu puolijohdekytkin, ja sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on pienin, alahaaran ohjattu puolijohdekytkin johtavat,

tunnettu siitä, että ohjausyksikkö aikaistaa seuraavana johtamisvuorossa olevan verkkosillan puolijohdekytkimen ohjausta niin paljon, että johtavan vaiheen virta kääntyy negatiivisesta positiiviseksi juuri ennen kommutointia.

5. Patenttivaatimuksen 4 mukainen taajuusmuuttaja, jossa verkkosillan puolijohdekytkimet ovat hilalta sammutettavia komponentteja kuten IGBT:itä,

tunnettu siitä, että ohjausyksikkö aikaistaa seuraavana johtamisvuorossa olevan verkkosillan puolijohdekytkimen ohjausta ainakin ajan T_1 verran, jossa

$$T_1 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - \frac{1}{\pi} \times \left[\cos^{-1} \left(\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} - 1 \right) \right] \right\}$$

6. Patenttivaatimuksen 4 mukainen taajuusmuuttaja, jossa verkkosillan puolijohdekytkimet ovat tyristoreita, joilla on toipumisaika (t_Q),

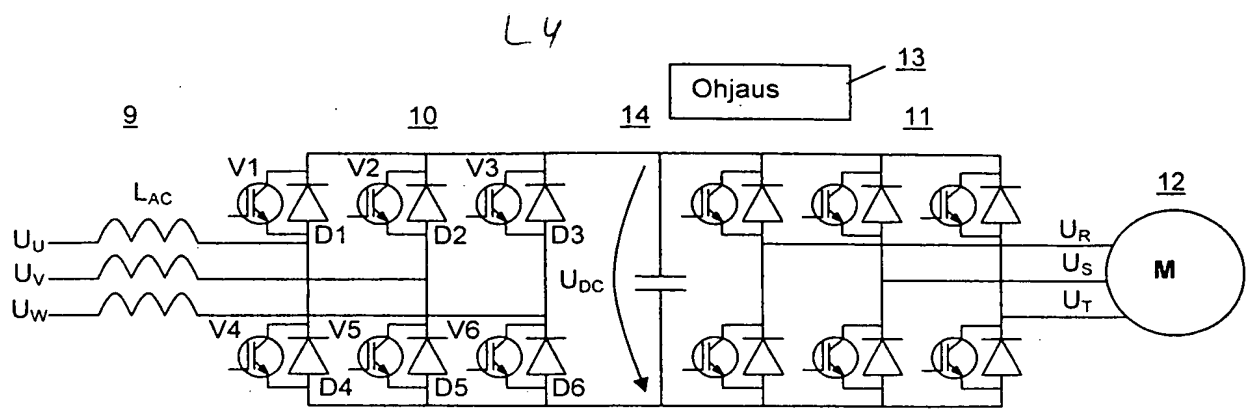
tunnettu siitä, että ohjausyksikkö aikaistaa seuraavana johtamisvuorossa olevan tyristorin ohjausta ainakin ajan $T_2 + 0,5 \times t_Q$ verran, jossa

$$T_2 = \frac{1}{2f} \times \left\{ 1 - f \times t_Q - \frac{1}{\pi} \times \cos^{-1} \left[\frac{\sqrt{2} \times \pi \times f \times L \times i_{DC}}{U} + \cos(\pi \times (1 - f \times t_Q)) \right] \right\}.$$

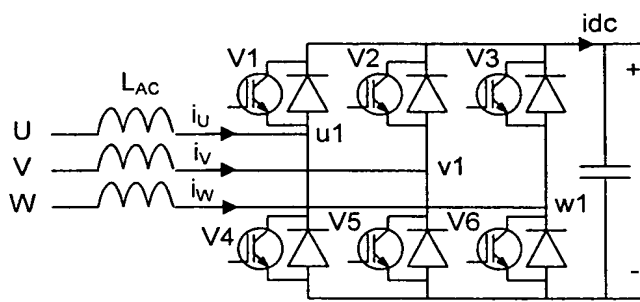
(57) TIIVISTELMÄ

Menetelmä ja laitteisto nelikvadranttisen, tasajänniteväli-
piirillä varustetun PWM-taajuusmuuttajan verkkosillan oh-
jaamiseksi silloin, kun teho virtaa syöttö-verkkoon päin,
jossa taajuusmuuttajassa on vaihtojännitelähteeseen (U_U ,
 U_V , U_W) kytkettävä AC-kuristin (9), ohjattu verkkosilta (10),
tasajännitevälipiiri (14) sekä ohjattu kuormasilta (11) taa-
juudeltaan vaihtelevan vaihtojännitteen (U_S , U_R , U_T) syöt-
tämiseksi kuormaan (12), ja jossa verkkosillassa on ohja-
tut puolijohdekytkimet (V1-V6) sekä nolladiodit (D1-D6), ja
jossa verkkosiltaa (10) ohjataan pääsääntöisesti siten,
että sen vaiheen, jonka syöttöjännitteen hetkellisarvo on
suurin, ylähaaran ohjattu puolijohdekytkin, ja sen vaiheen,
joka syöttöjännitteen hetkellisarvo on pienin, alahaaran
ohjattu puolijohdekytkin johtavat. Seuraavana johtamis-
vuorossa olevan verkkosillan puolijohdekytkimen ohjausta
aikaistetaan niin paljon, että johtavan vaiheen virta kään-
tyy negatiivisesta positiiviseksi ennen kommutointia.

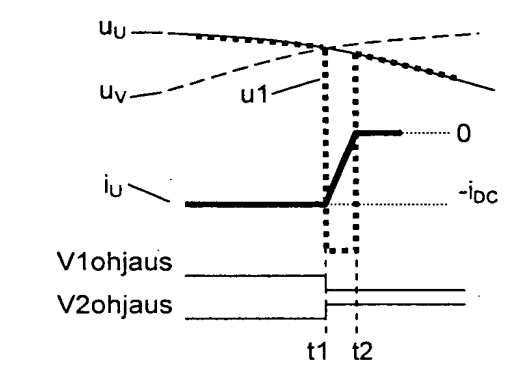
Fig. 1



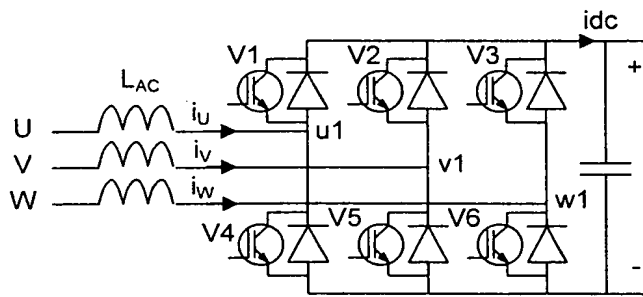
KUVIO 1



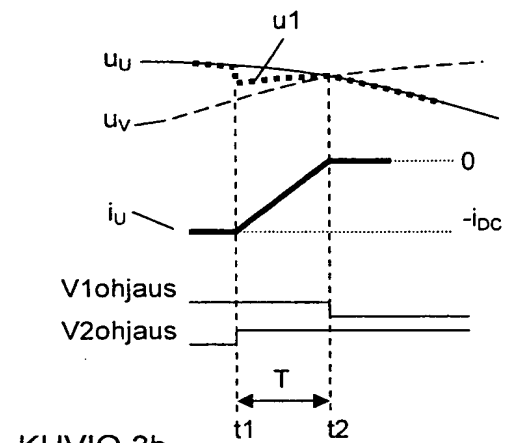
KUVIO 2a



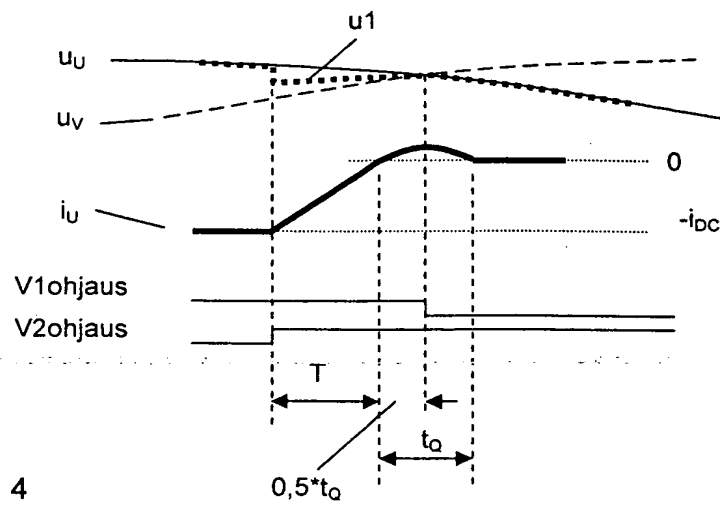
KUVIO 2b



KUVIO 3a



KUVIO 3b



KUVIO 4